



200312069-4

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 199 10 336 A 1

⑤1 Int. Cl.⁷:
F 01 N 9/00

②1 Aktenzeichen: 199 10 336.4
②2 Anmeldetag: 9. 3. 1999
④3 Offenlegungstag: 21. 9. 2000

DE 199 10 336 A 1

⑦1 Anmelder:

Dr. Ing. h. c. F. Porsche AG, 70435 Stuttgart, DE; AUDI AG, 85057 Ingolstadt, DE; Bayerische Motoren Werke AG, 80809 München, DE; DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE; Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

⑦2 Erfinder:

Küper, Paul, Dipl.-Ing., 75446 Wiernsheim, DE; Peter, Stefan, 64823 Groß-Umstadt, DE; Müller, Jens, 71277 Rutesheim, DE

⑤6 Entgegenhaltungen:

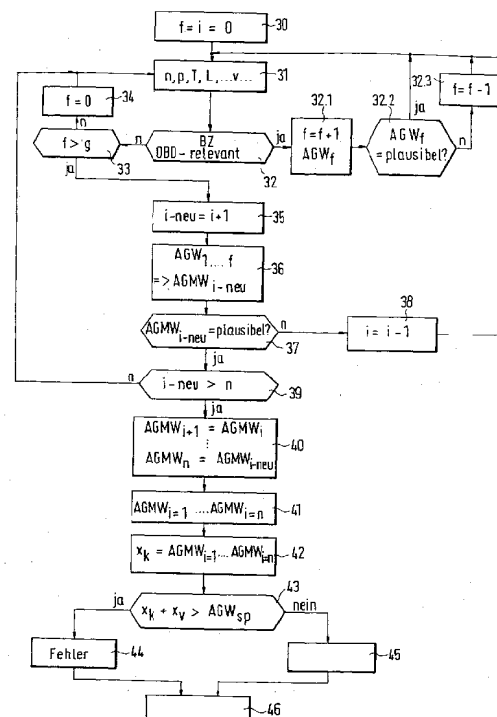
DE 35 24 592 C1
DE 197 33 107 A1
DE 196 30 940 A1
DE 41 40 618 A1
DE 40 27 207 A1
DE 69 410 56 1T2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zur Überprüfung der Funktion von Katalysatoren in Brennkraftmaschinen

⑤7 Es wird ein Verfahren zur Überprüfung der Katalysatorfunktion in Brennkraftmaschinen vorgeschlagen, bei welchem anhand erfaßter Betriebsparameter der Brennkraftmaschine gleichartige Betriebszustände ermittelt werden. Es wird vorgeschlagen, aus einer definierten Anzahl gemessener Abgaswerte während eines gleichartigen Betriebszustandes einen statistisch abgesicherten Abgasmittelwert zu berechnen und mit einem für diesen Betriebszustand gespeicherten zulässigen Abgaswert zu vergleichen, so daß bei einer Abweichung des aktuell ermittelten Abgaswertes von dem zulässigen Abgaswert ein defekter Katalysator erkannt wird.



DE 199 10 336 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überprüfung der Funktion von Katalysatoren in Brennkraftmaschinen, die die Aufgabe haben, im Motorabgas vorhandenen Schadstoffe abzubauen.

Ein Verfahren zur Überprüfung der Wirksamkeit eines Katalysators ist bereits aus der DE 37 19 174 A1 bekannt. Bei diesem bekannten Verfahren wird das Mischungsverhältnis der Gaskomponenten des in den Katalysator einströmenden Gasgemisches mit dem Mischungsverhältnis der Gaskomponenten des aus dem Katalysator ausströmenden Gasgemisches verglichen und anhand dieses Ergebnisses eine Bewertung der Katalysatorfunktion vorgenommen. Hierbei wird beispielsweise die Katalysatorfunktion im Hinblick auf die Korrelation zwischen dem HC-Konvertierungsvermögen und der Sauerstoffspeicherefähigkeit des Katalysators ermittelt. Die Sauerstoffspeicherefähigkeit wird mit Sauerstoffsonden, die vor und nach dem Katalysator angeordnet sind, gemessen.

Auf der Grundlage des Verhältnisses der Schadstoffkonzentration vor und nach dem Katalysator wird eine sogenannte Umsetzungsrate bestimmt. Bei einer Umsetzungsrate von annähernd 100% ist der Katalysator voll funktionstüchtig, während z. B. bei einer Umsetzungsrate von kleiner 92% der Katalysators als nicht mehr funktionstüchtig erkannt wird.

Die Überwachung der Funktion des Katalysators ist notwendig, da Schäden am Katalysator die Abgasemissionen stark erhöhen können. Man ist aus diesem Grund bestrebt, die Überwachung des Katalysators zu verbessern und damit den strengen Abgasnormen und der zunehmend geforderten On-Bord-Diagnose (OBD) gerecht zu werden.

Das Verfahren zur Überprüfung der Katalysatorfunktion in einer Brennkraftmaschine mit den Merkmalen des Hauptanspruches hat gegenüber dem bekannten Auswertungsverfahren den Vorteil, daß eine relativ große Zahl von Abgaskenngrößen (z. B. Konzentration), die in gleichartigen, ausgewählten Betriebszuständen der Brennkraftmaschine gemessen werden, nach den Methoden der Statistik zu einem statistisch abgesicherten und in seiner Aussageschärfe beurteilbaren, aktuellen Abgasmittelwert verdichtet werden, der mit der Qualität der Katalysatorfunktion korreliert. Der aktuelle Abgasmittelwert wird mit einem Abgasschwellwert verglichen, der wiederum mit einem definiert gealterten Schwellwertkatalysator ermittelt wurde. Bei dem vorgeschlagenen erfindungsgemäßen Verfahren kann auf einen zweiten Sensor vor dem Katalysator verzichtet werden. Da die Unterschiede zwischen der Abgasumwandlung von einem neuen zu einem gealterten oder defekten Katalysator am deutlichsten in transienten Zuständen wie Beschleunigung und Verzögerung bei betriebswarmen Motor und betriebswarmer Katalysatoranlage sind, kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ganz bewußt eine Bewertung der Katalysatorfunktion in diesen Betriebszuständen erfolgen. Das Durchfahren aller möglichen Fahrzustände für eine Beurteilung der Katalysatorfunktion und eine permanente Überwachung dieser Betriebszustände, insbesondere der weniger kritischen, ist damit nicht notwendig, wodurch wiederum die Steuereinheit von unnötigen Rechenoperationen entlastet wird.

Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des erfindungsgemäßen Verfahrens gegeben.

Die Bestimmung des aktuell zu vergleichenden Abgaswertes aus einer Reihe von gleichartigen Vergangenheitswerten hat den Vorteil, daß die Messungen statistisch abgesichert sind und die Auswertung somit auf der Basis einer

ausreichend großen Anzahl gemessener Werte erfolgt. Eine sehr einfache und aussagekräftige Variante für das Zusammenfassen einer vorgebbaren Anzahl von gemessenen Werten ist die Bildung eines Mittelwertes. Ebenso ist es möglich, wenn auch im folgenden nicht weiter erläutert, den Flächenschwerpunkt bzw. das Integral über die vorgebbare Anzahl der gemessenen Abgaswerte zu bilden.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Figuren dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 den Prinzipaufbau eines Motors mit Katalysatorüberwachung,

Fig. 2 den Ablaufplan des erfindungsgemäßen Verfahrens in allgemeiner Form,

Fig. 3 den Ablaufplan des erfindungsgemäßen Verfahrens in detaillierter Form.

Fig. 1 zeigt im Prinzip den Motorblock **10** einer Brennkraftmaschine, ein Steuergerät **11**, welches die Funktionen des Motors entsprechend verschiedener Betriebsparameter, die mittels nicht dargestellter Sensoren am Motor erfaßt und dem Steuergerät über eine Verbindung **12** zugeführt werden, über entsprechende Befehle an Stellgrößen den Betrieb des Motors steuert. Die Ausgabe der Steuergrößen ist symbolisch durch die Verbindungspfeile **13** angegeben. An den Motor **10** schließt sich der Abgastrakt **14** an, in welchem der Katalysator **15** angeordnet ist. In der **Fig. 1** ist vor dem Katalysator ein erster Sensor **16** und nach dem Katalysator ein zweiter Sensor **17** angeordnet, dessen gemessene Signale jeweils an das Steuergerät **11** geführt sind, wobei bei dem erfindungsgemäßen Verfahren der Sensor **16** vor dem Katalysator entfallen kann.

Das erfindungsgemäße Verfahren soll nun zunächst unter Zuhilfenahme der **Fig. 2** an einem ersten allgemein dargestellten Verfahrensablaufplan grundsätzlich erläutert werden.

In **Fig. 2** werden zunächst in einem ersten Verfahrensschritt **20** die Betriebsparameter der Brennkraftmaschine, wie beispielsweise Drehzahl n , Druck p , Temperatur T , Last L , Geschwindigkeit v und dergleichen erfaßt. In einem nachgeordneten Arbeitsschritt **21** wird anhand dieser Betriebsparameter der momentane Betriebszustand BZ der Brennkraftmaschine bestimmt. Als nächstes wird im Schritt **22** der aktuelle Abgaswert AGW_{gem} gemessen. Im darauffolgenden Arbeitsschritt **23** wird der für den Betriebszustand zugehörige zulässige Abgas-Referenzwert AGW_{SP} aus einer Speichereinrichtung ausgelesen. Der zulässige Abgas-Referenzwert AGW_{SP} wird beispielsweise in der Applikation oder auf einem Abgas-Rollenprüfstand für die einzelnen Betriebspunkte ermittelt und dann z. B. in einem Kennfeld, welches sich über Drehzahl und Last aufspannt, abgelegt. Da nicht alle Betriebsbereiche des Betriebes einer Brennkraftmaschine kritisch im Hinblick auf die Abgaswerte sind, ist es u. U. sinnvoll eine Überwachung der Abgaswerte nur in den Betriebsbereichen durchzuführen, in denen ein defekter Katalysator sich am stärksten negativ auf die Abgaswerte auswirkt. In einer Abfrage **24** wird geprüft, ob der gemessene Abgaswert AGW_{gem} größer ist als der aus dem Speicher entnommene Referenzwert für das Abgas AGW_{SP} . Wird die Abfrage:

$AGW_{gem} > AGW_{SP}$

mit JA beantwortet, dann wird im nachfolgenden Arbeitsschritt **25** die Katalysatorfunktion als nicht o.k. erkannt. Wurde die Abfrage verneint, dann wird im Arbeitsschritt **26** der Katalysator als o.k. und damit voll funktionsfähig erkannt.

Im Folgenden soll anhand der **Fig. 3** das erfindungsgemäße Verfahren detaillierter erläutert werden.

In einem ersten Arbeitsschritt **30** wird das Verfahren zur

Überprüfung der Katalysatorfunktion gestartet, wobei zwei
Zahlwerte i und f auf Null gesetzt werden, $i = 0$ und $f = 0$.
Die Zahlwerte i und f können jeweils in einem nicht näher
ausgeführten Zähler gezählt werden. Im Arbeitsschritt **31**
werden die momentanen Betriebsparameter erfaßt und an-
hand dieser Betriebsparameter der Betriebszustand BZ er-
mittelt. In der nachfolgenden Abfrage **32** wird, geprüft, ob
der Betriebszustand BZ in einem auswerterelevanten Be-
reich liegt, in welchem ein aussagekräftiges Ergebnis bei der
Überwachung der Katalysatorfunktion gewährleistet ist.
Transiente Fahrzustände, wie beispielsweise Beschleuni-
gungsvorgänge, sind besonders gut geeignet für die Kataly-
satoridiagnose, weil sich hier am ehesten Schwächen des Ka-
talyators durch erhöhte Schadstoffkonzentrationen nach
dem Katalysator zeigen. Vor dem Katalysator stellen sich
bei solchen definierten Fahrzuständen jeweils gleich hohe
Schadstoffkonzentrationen dann ein, wenn der Motor sein
Emissionsverhalten nicht ändert. Bei gleicher Ausgangsba-
sis der Abgaszusammensetzung vor dem Katalysator ist die
Auswertung der Abgaszusammensetzung nach dem Kataly-
sator damit am aussagekräftigsten.

Für den Fall, daß die Abfrage **32** mit JA beantwortet wird,
wird in einem nachfolgenden Arbeitsschritt **32.1** der Zahl-
wert f um eins erhöht, so daß gilt: $f = f + 1$. Gleichzeitig
wird der aktuelle Abgaswert AGW_f gemessen. Im anschlie-
ßenden Arbeitsschritt **32.2** wird geprüft, ob der aktuell ge-
messene Abgaswert AGW_f plausibel ist. Bei dieser Prüfung
auf Plausibilität wird abgefragt, ob der gemessene Abgas-
wert AGW_f in einem definierten Band möglicher Meßwerte
liegt. War der Abgaswert AGW_f plausibel, so führt der Ja-
Ausgang dieser Abfrage **32.2**. an den Arbeitsschritt **31**, in
welchem die Erfassung eines nächsten Abgaswertes gestar-
tet wird. Ein Nein auf die Abfrage **32.2**. führt über den Ar-
beitsschritt **32.3**, in welchem der Zahlwert f wieder um eins
dekrementiert wird, so daß gilt: $f = f - 1$. Das bedeutet, daß
der unplausible Abgaswert AGW_f im folgenden nicht be-
rücksichtigt wird.

Ein Nein auf diese Abfrage **32** führt zu einer weiteren Ab-
frage **33**, in welcher geprüft wird, ob ein OBD relevanter
Betriebszustand innerhalb einer vorgebbaren Zeit oder für
eine vorgebbare Anzahl Messungen vorhergegangen ist. Der
Einfachheit halber ist sowohl für die Überprüfung einer
Zeitdauer als auch für die Überprüfung einer vorgebbaren
Anzahl von Messungen der Wert g im Programmablaufplan
eingesetzt, so daß sich in Schritt **33** die Frage $f > g$ ergibt.

Ein Nein in der Abfrage **33** setzt in einem Arbeitsschritt
34 den Zähler f wieder auf den Wert Null ($f = 0$) und beginnt
dann im Arbeitsschritt **31** erneut mit der Erfassung der Be-
triebsparameter und der Bestimmung des Betriebszustandes
BZ. Wurde die Abfrage **33** ($f > g$) mit Ja beantwortet, dann
führt der Ja-Ausgang an einen nachfolgenden Arbeitsschritt
35. Hier wird der Zähler i um den Wert 1 erhöht, so daß gilt:
 $i_{\text{neu}} = i + 1$. Anschließend wird im Arbeitsschritt **36** aus der
Anzahl $1 \dots f$ der gemessenen Abgaswerte $AGW_{1..f}$ der Ab-
gasmittelwert $AGMW_{i-\text{neu}}$ gebildet. Dieser neue Abgasmit-
telwert $AGMW_{i-\text{neu}}$ wird in einem Arbeitsschritt **37** auf
Plausibilität geprüft. Die Plausibilitätsprüfung **37** prüft, ob
der ermittelte Abgasmittelwert $AGMW_{i-\text{neu}}$ Wert in einem
zulässigen Bereich (z. B. $0 < AGMW_{i-\text{neu}} < AGMW_{M\text{max}}$)
liegt. Hierbei sollen mögliche durch Meßfehler bedingte
Werte von einer weiteren Auswertung ausgeschlossen
werden. Daraus folgt, daß ein Nein auf diese Abfrage **37** –
 $AGMW_{\text{neu}}$ nicht plausibel – über einen Arbeitsschritt **38**, in
welchem der Zähler i um 1 dekrementiert wird, zurückführt
zum Arbeitsschritt **31**, in welchem erneut die aktuellen Be-
triebsparameter erfaßt und der Betriebszustand BZ ermittelt
wird.

Wurde jedoch der Abgasmittelwert $AGMW_{i-\text{neu}}$ als plau-

sibel erkannt und damit die Abfrage **35** mit Ja beantwortet,
dann wird in einer nachfolgenden Abfrage **37** überprüft, ob
der Zähler i bereits einen vorgebbaren Wert n erreicht hat.
Der vorgebbare Wert n wird in der Regel so gewählt, daß
eine repräsentative Anzahl von gemessenen Abgasmittel-
werten $AGMW_{i-\text{neu}}$ zur Verfügung steht. Ein möglicher Wert
für n könnte beispielsweise der Wert 50 sein. Wurde die Ab-
frage **37** verneint, dann ist noch nicht eine ausreichende An-
zahl von Abgaswerten erfaßt, das Verfahren springt zurück
zum Arbeitsschritt **31**, infolgedessen dann ein neuer Abgas-
mittelwerten $AGMW_{i-\text{neu}}$ ermittelt wird.

War der ermittelte Abgasmittelwerten $AGMW_{i-\text{neu}}$ plausi-
bel, so wird in einer nachgeordneten Abfrage **39** geprüft, ob
die bereits eine vorgebbare Anzahl n von Abgasmittelwer-
ten $AGMW_{i-\text{neu}}$ erfaßt wurde. Die Prüfung erfolgt in der Art,
daß ein einfacher Vergleich des Inhaltes des Zählers i und
damit von "i-neu" mit der vorgebbaren Anzahl n ($i-\text{neu} < n$)
durchgeführt wird. Ist das Ergebnis dieses Vergleichs nega-
tiv, dann führt der Nein-Ausgang zurück zum Arbeitsschritt
31, und es werden weitere Abgasmittelwerte $AGMW_{i-\text{neu}}$ er-
faßt.

Wurde die Abfrage **39** bejaht, dann sind n Abgasmittel-
werte $AGMW_{i-\text{neu}}$ erfaßt. Im anschließenden Arbeitsschritt
40 ist der jeweils älteste erfaßte Wert gelöscht und der neu
erfaßte Abgasmittelwert $AGMW_{i-\text{neu}}$ gespeichert. Diese
Funktion kann beispielsweise mit einem Schieberegister
realisiert werden, welches bei jedem Dateneingang alle er-
faßten Werte um einen Wert weiterschiebt, so daß schluß-
endlich der älteste Wert herausfällt. Die Zahl der erfaßten
und gespeicherten Meßwerte bleibt somit konstant. Alle re-
levanten Abgasmittelwerte $AGMW_{i=1}$ bis $AGMW_{i=n}$ wer-
den in einem Arbeitsschritt **41** für die weitere Bearbeitung
gespeichert. Aus diesen gespeicherten Abgasmittelwerten
 $AGMW_{i=1}$ bis $AGMW_{i=n}$ wird im nachgeordneten Arbeits-
schritt **42** ein Gesamtabgasmittelwert x_k berechnet. Bei die-
ser Berechnung ist es sinnvoll, eine mögliche Standartab-
weichung zu berechnen und einen zulässigen Vertrauensbe-
reich zuzulassen. Dies ist jedoch im Verfahrensschritt **42**
nicht explizit erwähnt, da die Werte für die Standartabweichung
und den Vertrauensbereich ggf. auch den Wert null
annehmen können und von Fahrzeug zu Fahrzeug bzw. von
Betriebszustand zu Betriebszustand unterschiedlich sein
kann. Der so berechnete Gesamtabgasmittelwert x_k stellt ei-
nen Wert dar, der für den momentanen Funktionszustand des
Katalysators repräsentativ ist.

Im nachfolgenden Arbeitsschritt **43** wird der berechnete
Gesamtabgasmittelwert x_k mit einem Offset x_v beauf-
schlagt, wobei dieser Offset x_v einen nach Verfahren der
Statistik bestimmten Bereich darstellt, der ein Maß für die
Meßunsicherheit des berechneten Abgasmittelwertes ist.
Diese Summe aus Gesamtabgasmittelwert x_k und Offset x_v
wird mit dem aus einem Speicher für diesen Betriebszustand
BZ entnommenen Referenzwert verglichen ($x_k + x_v < GW_{Sp}$).
Wurde die Abfrage **43** mit Nein beantwortet, so er-
folgt im Arbeitsschritt **44** die Fehlerinformation, daß die Ka-
talyatorfunktion – nicht ok – ist. Wurde jedoch der Refe-
renzwert nicht überschritten dann wird im Arbeitsschritt **45**
der Katalysator als funktionstüchtig -ok- erkannt. Sowohl
der Arbeitsschritt **44** als auch der Arbeitsschritt **45** sind mit
dem letzten Arbeitsschritt **46** verbunden, in welchem das
Ende des Programmablaufs erkannt wird, so daß dann ggf.
eine neue Auswertung erfolgen kann.

Bei der Auswertung und Überprüfung der Funktionstüch-
tigkeit eines Katalysators werden in der Regel HC-, CO-
und NOx-Reaktionen im Katalysator, oder Reaktionen an-
derer Abgaskomponenten ausgewertet, wobei als Meßgröße
für diese Effekte die Abgaskonzentration und deren Verlauf
erfaßt wird.

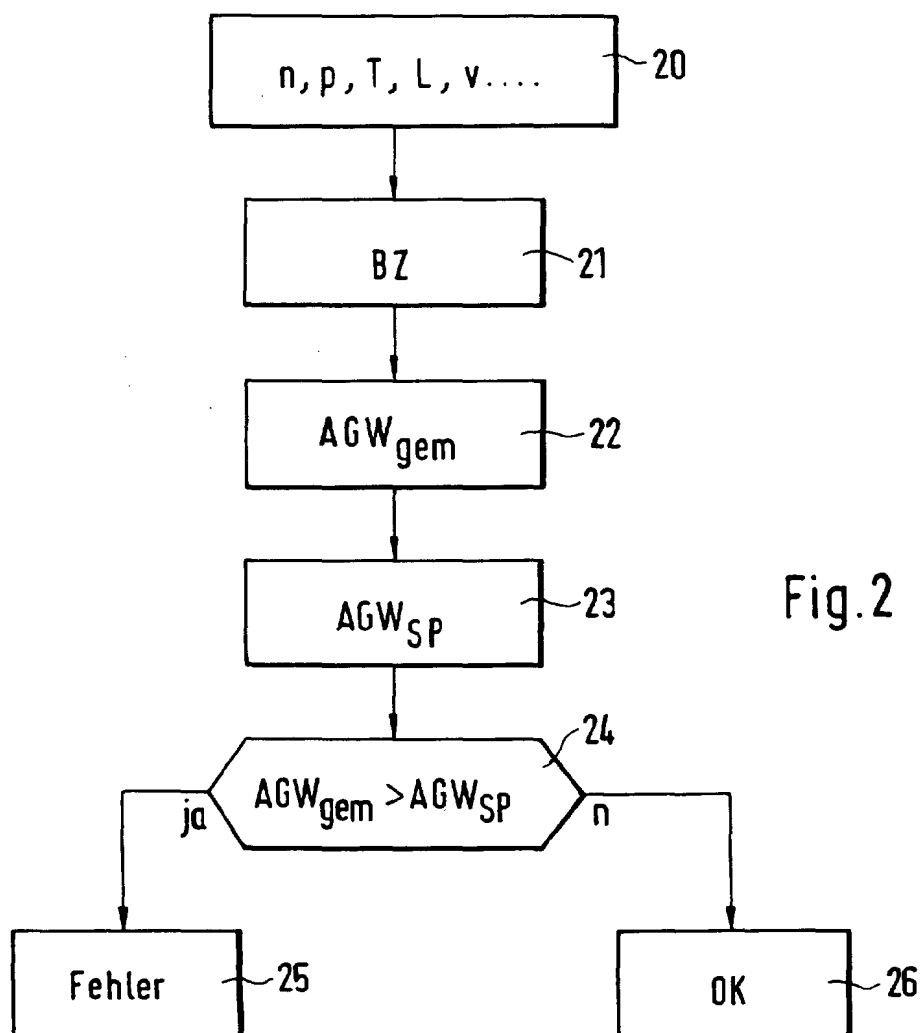
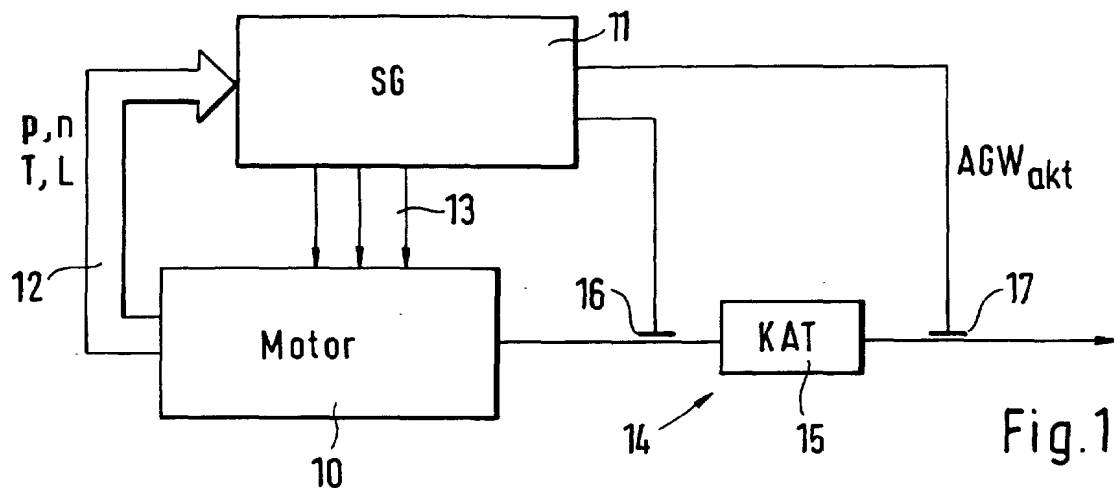
In einer anderen Ausführung kann das Verfahren mit zwei Sensoren durchgeführt werden. Bei der Anordnung zweier Sensoren im Abgastrakt, wie in **Fig. 1** dargestellt, besteht die Möglichkeit in kritischen Bereichen die Abgaszusammensetzung vor und nach Katalysator auszuwerten und anhand eines Plausibilitätsvergleich die Ergebnisse der Verfahren überprüfen zu können. Damit kann überprüft werden, ob der Motor sein Emissionsverhalten verändert hat. Im Falle einer Änderung kann die Diagnose angepaßt werden.

wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überprüfung der Funktion des Katalysators in Brennkraftmaschinen mit einem im Abgastrakt nach dem Katalysator angeordneten Sensor zur Erfassung der Abgaswerte, **dadurch gekennzeichnet**, daß anhand erfaßter Betriebsparameter (n , L , T , v) gleichartige Betriebszustände (BZ) der Brennkraftmaschine bestimmt werden, daß aus einer definierten Anzahl von Abgaswerten während eines gleichartigen Betriebszustandes (BZ) ein statistisch abgesicherter Gesamtabgasmittelwert (x_k) gebildet wird und mit einem aus einer Speichereinrichtung für diesen Betriebszustand entnommenen, maximal zulässigen Abgaswert (AGW_{SP}) verglichen wird und daß ein defekter Katalysator erkannt wird, wenn der aktuell ermittelte Gesamtabgasmittelwert den zulässigen Abgaswert ($x_k > AGW_{SP}$) überschreitet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für den ausgewählten auszuwertenden Betriebszustand aus einer vorgebbaren Anzahl (g) gemessener Abgaswerte ($AGW_1 \dots g$) ein Abgasmittelwert ($AGMW_i$) berechnet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Gesamtabgasmittelwert (x_k) aus aus einer vorgebbaren Anzahl (n) von während eines Betriebszustandes berechneten Abgasmittelwerten ($AGMW_{i...n}$) bestimmt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der ermittelte Gesamtabgasmittelwert (x_k) mit einem betriebspunktabhängigen durch statistische Verfahren ermittelten Offset (x_v) beaufschlagt wird.
5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Überprüfung der Katalysatorfunktion nur in Betriebszuständen, die einen erhöhten Stickoxidanteil, CO-Anteil und/oder HC-Anteil im Abgas aufweisen, durchgeführt wird.
6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der gemessene Abgaswert (AGW) wahlweise mit einer Motorzustandsgröße, insbesondere einem Wert für den Luftmassenstrom und/oder für den Kraftstoffmassenstrom mathematisch verknüpft wird.
7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Überprüfung der Katalysatorfunktion in transienten Betriebszuständen bei betriebswarmem Motor und betriebswarmer Katalysatoranlage durchgeführt wird.
8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Ergebnis des Vergleichs des aktuell ermittelten Gesamtabgasmittelwertes mit dem dem Speicher entnommenen zulässigen Abgaswert ($AGW_{akt} > AGW_{SP}$) mittels eines zweiten vor dem Katalysator befindlichen Sensors und der Auswertung der Umsetzungsrate auf Plausibilität überprüft



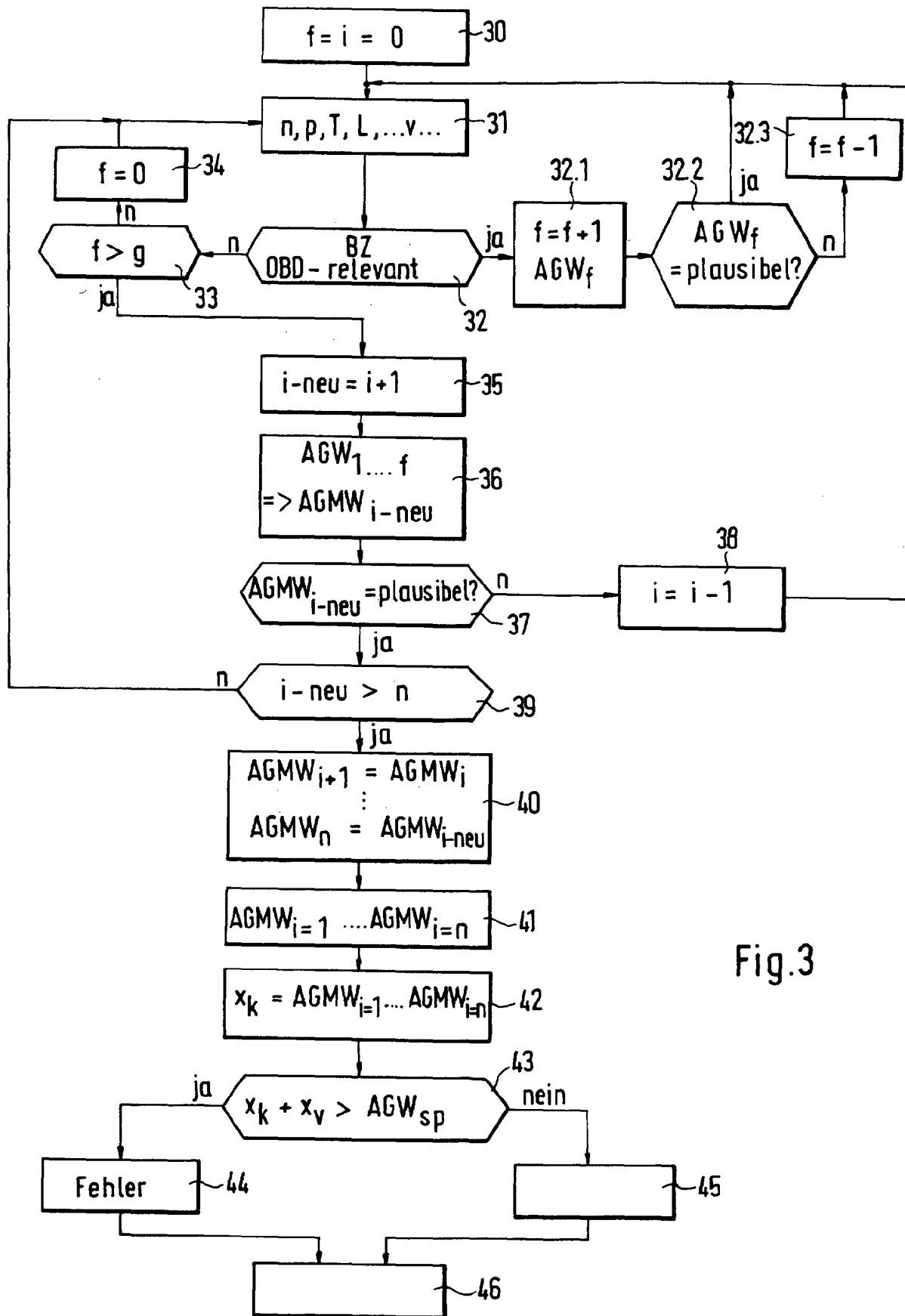


Fig.3